

Titlu Faza: Studii ale materialelor nanostructurate cu proprietati magnetice dure, obtinute in sisteme fara pamanturi rare.

Obiective: Realizarea de studii teoretice si experimentale pentru identificarea, conceperea, designul, sinteza si caracterizarea de materiale magnetice fara pamanturi rare, capabile sa satisfaca cerintele pentru actualii magneti permanenti.

Rezultate estimate initial:

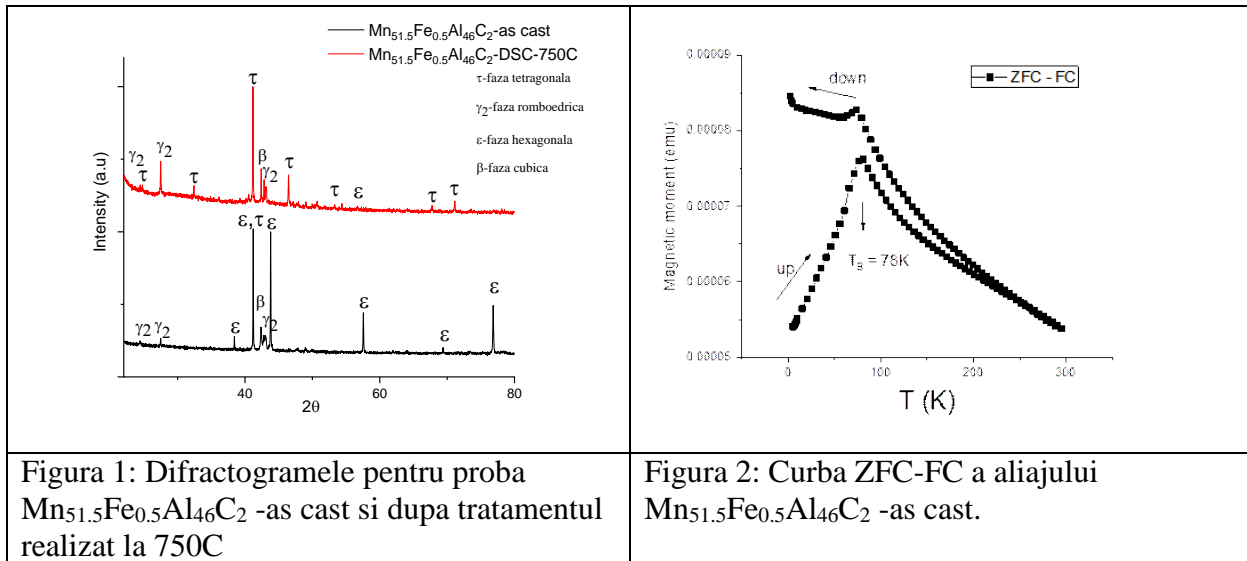
- identificarea si realizarea specificatiilor pentru realizarea de sisteme binare sau ternare ce prezinta faze $L1_0$ tetragonale
- conceperea si designul structurii prin realizarea de optimizari compozitionale si adaugarea de elemente substitutionale
- sinteza prin metode de neechilibru a probelor din sisteme cu faze $L1_0$, metode ce pot prezerva structuri de faze posibile, conform diagramelor de faza, doar in starea lichida, de exemplu prin solidificare ultrarapida din topitura – melt spinning
- caracterizarea complexa termic-diferentiala, structurala si magnetica a aliajelor obtinute sub forma de benzi nanocristaline
- evidentierea prezentei fazelor tetragonale $L1_0$ si determinarea proprietatilor magnetice ale acestora

Materialele de tip magneti permanenti cu performante inalte sunt caracterizate de anizotropia magnetica superioara ($K_u=1,7\text{MJ/m}^3$), temperatura Curie inalta ($T_C \sim 1000\text{K}$) si produs energetic maxim $(BH)_{\text{max}} \sim 110\text{kJ/m}^3$. Aceste materiale sunt utilizate intr-o gama larga de aplicatii tehnologice. Primele aliaje cu faze tetragonale $L1_0$ cu proprietati magnetice asemanatoare magnetilor permanenti au fost realizate din sistemele binare FePt si CoPt. In ciuda proprietatilor magnetice semnificativ crescute, costul prohibitiv al materiei prime a impiedicat dezvoltarea ulterioara a acestei clase de magneti pentru aplicatii industriale.

Printre sistemele cu costuri mult mai reduse ce pot realiza faza ordonata tetragonala $L1_0$ se numara aliajele Mn-Al, Fe-Ni sau Mn-Bi. Aliajul MnAl cristalizeaza in mai multe faze, depinzand de stoichiometria aliajului si de temperaturile de formare. Intre acestea, faza τ -MnAl sau $L1_0$ este de simetrie tetragonala, are proprietati magnetice bune din punct de vedere teoretic, cu magnetizare de saturatie de $114 \text{ Am}^2/\text{Kg}$, anizotropie magnetocristalina uniaxiala $K_1 = 1.5 \text{ MJ/m}^3$ si temperatura Curie ridicata $T_c = 650 \text{ K}$. Aceasta faza $L1_0$ se poate obtine ulterior procedurii de sinteza, din faza hexagonala non-magnetica ϵ prin tratament termic ($400\text{-}700^\circ\text{C}$) al aliajului obtinut. Adaugarea unei cantitati mici de carbon stabilizeaza faza τ si previne descompunerea acesteia in faze nedorite, creste coercivitatea si faciliteaza obtinerea unui material cu anizotropie imbunatatita.

Toate probele au fost caracterizate prin difractie de raze X (XRD), cinetica transformarii fazelor pentru benzile as cast obtinute a fost investigata prin calorimetrie diferentiala cu ajutorul unui dispozitiv DSC si masuratorile magnetice au fost realizate cu ajutorul unei facilitati SQUID in camp aplicat de 4T, paralel pe planul benzii.

Pe baza rezultatelor obtinute in DSC, am putut identifica temperaturile de tranzitie la faza ordonata $L1_0$. Avand in vedere aceste rezultate, se pot identifica si temperaturile necesare pentru tratamentul termic, astfel incat sa se poata forma cu preponderenta faza tetragonala de interes.



In figura 1 se prezinta comparativ difractogramele pentru proba $Mn_{51.5}Fe_{0.5}Al_{46}C_2$ as-cast si tratata la 750C. In probele as-cast se observa formarea preponderenta a fazei ϵ insotita de fazele γ_2 (faza romboedrica) si faza β (faza cubica). In proba tratata se diminueaza pana la disparitie liniile Bragg ale fazei ϵ si cresc intensitatile liniilor fazei tetragonale τ . Aceasta lucru indica faptul ca in urma tratamentului termic efectuat in cadrul masuratorii DSC faza de echilibru ϵ se descompune in faza tetragonala de interes τ care devine faza predominanta. Picuri Bragg de mica intensitate indica si prezenta fazelor romboedrica si cubica dar intr-o proportie mult redusa, comparativ cu cea tetragonala.

Caracterul feromagnetic al aliajelor investigate a fost pus in evidenta prin realizarea curbelor de magnetizare de tip zero-field-cooled – field-cooled ZFC-FC realizate in camp aplicat de 100 Oe in proba $Mn_{51.5}Fe_{0.5}Al_{46}C_2$ -as cast (fig. 2). La cresterea temperaturii dinspre 5K catre 300K (ramura „up”) magnetizarea creste treptat si atinge un maxim ascutit la cca 78K, dupa care magnetizarea descreste gradual. Pe ramura de descrestere (ramura „down”), alura curbei este similara pana la valoarea de 78K, dupa care magnetizarea se stabilizeaza la valori nenule ale magnetizarii probei. Aceasta saturare la valori nenule, indica realizarea alinierii spinilor la temperaturi sub 78K, si deci existenta caracterului ordonat al spinilor, caracteristic feromagnetismului.

Concluzii si perspective:

- Realizarea a doua aliaje din clasa de magneti permanenti fara pamanturi rare ce prezinta faza $L1_0$, aliaje realizate cu materiale cu costuri mult mai scazute decat cele clasice de tip FePt. Compozitia aliajelor a fost optimizata plecand de la aliajul quasi-echiatomic Mn-Al cu adaos de C (2 at%) pentru facilitarea aparitiei fazei tetragonale
- Punerea in evidenta prin difractie de radiatie x a transformarii de faza, in urma tratamentului termic.
- Punerea in evidenta a caracterului feromagnetic prin evidentierea ordonarii magnetice la temperaturi scazute cu moment magnetic nenul

In continuarea proiectului, vor fi realizate tratamente termice optimizate, alese in urma rezultatelor DSC, vor fi efectuate studii detaliate ale proprietatilor magnetice cu evidentierea parametrilor de interes, precum si studii detaliate de spectroscopie Mossbauer pentru evidentierea structurilor de spin si a parametrilor hiperfini, parametri magnetici esentiali pentru incadrarea aliajelor studiate in clasa de potentiali magneti fara pamanturi rare.